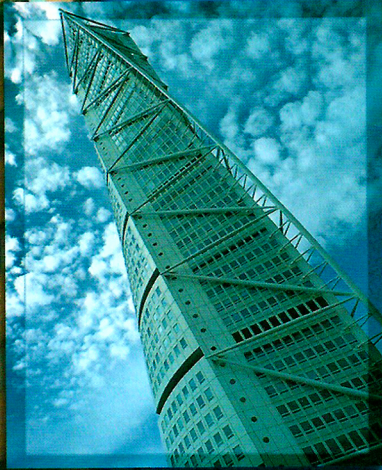


# أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

الأستاذ الدكتور

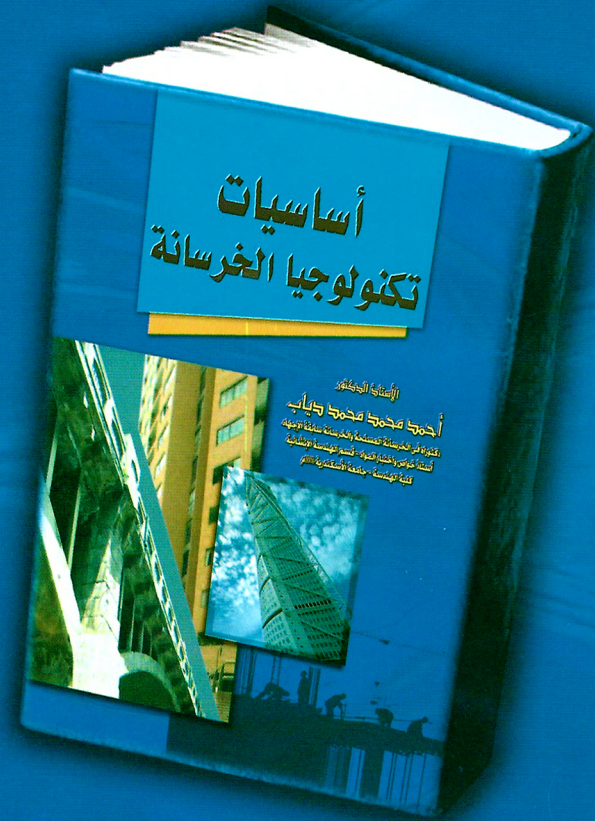
أحمد محمد دياب

دكتوراه في الخرسانة المسلحة والخرسانة سابقة الإجهاد  
أساتذة خواص واختبار المواد - قسم الهندسة الإنشائية  
كلية الهندسة - جامعة الإسكندرية



أساسيات تكنولوجيا الخرسانة

أ.د. أحمد محمد دياب



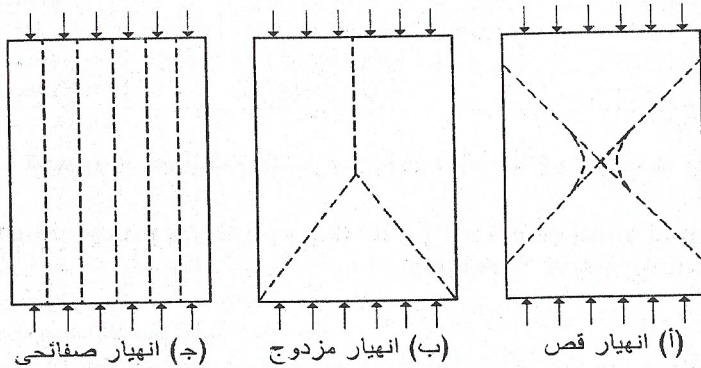
SCANED BY  
ENG.OSAMA TAREK



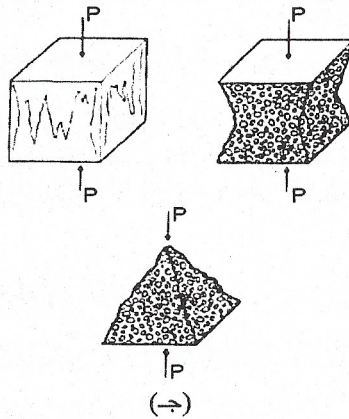
- يتم وضع المكعب في مركز لوحى فكى ماكينه اختبار الضغط الهيدروليكيه ( المعاييره )
- يتم التأثير بمعدل قياسي (يتم اختبار المكعب فى زمن من 60 : 90 ثانية )
- ويحدد الحمل الأقصى الذى يحدث عنده الكسر F (كيلو نيوتن) .

$$\text{مقاومة الضغط للمكعب} = \frac{F}{\text{مساحة المقطع}} = \frac{F}{150 \times 150} = \frac{1000 \times F}{150 \times 150} = \frac{F}{2.25} \text{ ن/م}^2$$

- شكل الانهيار فى الضغط سواء العينات المكعب أو الاسطوانة موضح بشكل (1-10).



خرسانة ضعيفة متوسطة فى الخرسانة ذات المقاومة العالية



شكل (1-10) أشكال الانهيار فى اختبار الضغط

- وفى حالة استخدام عينات غير قياسية (مكعب 15×15×15)، فإنه يلزم تحديد مقاومة الضغط بضرب نتائج الاختبارات فى معاملات تصحيح الشكل والأبعاد كما فى الجدول التالى:

## الباب العاشر اختبارات الخرسانة المتصلدة (Testing of Hardening Concrete)

### 1-10 مقدمة:

اختبارات الخرسانة المتصلدة من أهم اختبارات الخرسانة. وجرى العرف على اعتبار مقاومة الضغط المعيار الأساسى لجودة الخرسانة. ويمكن عن طريق مقاومة الضغط استنتاج المقومات الأخرى مثل مقومات الشد والانحناء والقص وغيرها. وفيما يلى سيتم عرض الاختبارات التى تجرى على الخرسانة المتصلدة.

### 2-10 طريقة تحضير مكعبات الإختبار من الخرسانة الطازجة وتحديد مقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية

#### Preparation of concrete Test Cubes and Determination of Cube Compressive Strength

##### 1-2-10 طريقة أخذ عينات الخرسانة الطازجة بالموقع

تختص هذه الطريقة بأخذ عينات الخرسانة الطازجة اللازمة لجميع اختبارات الضغط والانحناء والشد واختبارات الخرسانة الطازجة. يتم أخذ عينة خرسانية من الجزء الأوسط من الخلطة الحجمية أو من العربة الناقلة للخرسانة بحيث يستبعد الجزء الأول والأخير وتؤخذ العينة بجاروف الغرفة الواحد منه تأخذ كمية من الخرسانة حوالى 5 كيلو جرام وتوضع العينة فى وعاء قياسي من مائه لاتصدأ لا يقل سعته عن 9 لتر ويجب أن تكون العينة بحجم يكفى لصب العينات المطلوبة والحرص على حمايتها من الشمس والرياح ويجب تسجيل شهادته بمعلومات وبيانات هذه العينة وتاريخ أخذها.

##### 2-2-10 مقاومة الضغط للمكعبات الخرسانية

- تصف هذه الطريقة تحضير مكعبات قياسية من الخرسانة الطازجة لتحديد مقاومة الضغط عند أعمار مختلفة ويجب أثناء ملأ القالب إستبعاد أى ركام يزيد مقاسه عن 40 مم .  
- يجب أن يكون القالب مصنوع من الحديد الزهر أو الصلب بحيث يكون القالب قياسي من جهة أبعاده (150 مم ± 0.15 مم) وصلادة مادته وإستواء أسطحه ويجب أن يكون القالب مكون من جزئين ولايستخدم أى قالب مكون من أكثر من جزئين . يدهن القالب بماده تملع التصاق الخرسانة بالقوالب .  
- تجهز سطح أفقى سواء فى المعمل أو الموقع .  
- تؤخذ عينة من الخرسانة بالطريقة القياسية المذكورة سابقاً وتخلط فى إناء قياسي بطريقة قياسية .

- يتم صب الخرسانة فى المكعب على ثلاث طبقات إرتفاع الطبقة 50 مم ويتم دمك كل طبقة بواسطة قضيب دمك قياسي (وزنه 1.8 كجم وبطول 380 مم بمقطع مربع طول ضلعه 25 مم) بـ 30 دمكه على الأقل ويمكن إستخدام منضده هز على أن يتوقف الدمك عند صعود الماء لسطح الخرسانة.

- تحفظ العينات بعيداً عن الشمس أو الرياح ويتم فك القوالب بعد 24 ساعه من الصب ويتم البدء فى المعالجة القياسية .  
- عند عمر الإختبار المطلوب ( 3 ، 7 ، 28 يوم) يتم مسح وجهى التحمي وتسجل حالة رطوبة العينة (جافه أو جافه فى الفرن أو رطبه ) .



## 2- تجهيز السطح العلوى للإسطوانه بعد تصلب الخرسانه .

- فى حالة عدم تجهيز السطح أثناء الصب أو أن يكون التجهيز فى حالة الصب غير جيد يستخدم الطرق التالية .

- 2- 1 باستخدام مونه أسمنتية .
- يتم تخشين سطح الخرسانه العلوي.
- توضع الإسطوانه على سطح أفقى تماماً .
- يثبت طوق صلب بالإسطوانه الخرسانيه وتكون حافته العليا أفقياً وفوق أعلى سطح الخرسانه .
- يتم الصب بالمونه الأسمنتية الغنيه السابق ذكرها والتسويه كما فى التجهيز أثناء الصب

## 2- 2 التسوية بالكبريت :

- يتم استخدام الكبريت والرمل الناعم السليسى بنسبة 1 : 1 بالإضافة لـ 1-2 % كربون أسود ويتم التسخين فى درجة حراره من 130 - 150 درجة مئوية مع التقليب حتى يكون الخليط سائلاً ومتجانس .

- يستخدم جهاز التسوية الذي يكون محوره رأسى وله قاعده سفليه على هيئة وعاء يملأ بالكبريت وتوضع الإسطوانه بحيث تكون رأسية بالإستعانه بالدليل الرأسى وبعد تصلب طبقة الكبريت تقلب الإسطوانه على الوجهه الآخر من الإسطوانه .

- تملأ مكعبات مساحة مقطعها 50 سم<sup>2</sup> بالكبريت وتختبر تلك المكعبات فى الضغط قبل إختبار الإسطوانات الخرسانية للتأكد من أن مقاومة الكبريت أكبر من مقاومة الإسطوانه

ثالثاً : الإختبار :

- عند عمر الإختبار المطلوب يتم تجهيز الإسطوانه للإختبار .

- توضع الإسطوانه فى مركز لوحى ماكينة إختبار الضغط الهيدروليكى (المعايره) .

- يتم التحميل بمعدل تحميل قياسي ونحدد الحمل الأقصى الذى يحدث عنده الكسر (F) (كيلو نيوتن) .

- مقاومة الضغط للإسطوانه =  $\frac{F}{\text{مساحة الدائره مم}^2}$  = ن / مم<sup>2</sup>

- شكل الانهيار موضح بشكل (1-10) .

## 4-10 طريقة تجهيز وصب كمرات إختبار وتحديد معايير الكسر

### Preparation and Casting of beams for Modulus of Rupture Test

- تهدف هذه الطريقه لوصف وتجهيز وصب كمرات خرسانية بأبعاد 100 × 100 × 500 مم طول تستخدم لتحديد معايير الكسر لخرسانه ركامها مقاسه الإعتباري الأكبر للركام 20 مم وكمرات بأبعاد 150 × 150 × 750 مم لخرسانه ركامها مقاسه 40 مم .

- يتم تجهيز قوالب قياسيه من الصلب أو الزهر وهذه القوالب قياسيه فى أبعادها ومساحتها وإستواء أوجهها وتركيبها وإسلوب تجميعها .

- تؤخذ عينة من الخرسانه الطازجه وتجهيزها فى وعاء بطريقه قياسيه .

- يتم صب الكمرات على طبقات لايزيد سمكها عن 50 مم وتدمك كل طبقه بقضيب الدمك القياسي بعدد 150 دمكه أو 100 دمكه للطبقه الواحده فى حالة الكمرات ذات المقاس 150 مم و

100 مم على الترتيب ويمكن دمك الكمرات على هزاز حتى ظهور لمعان لطبقه الماء .

- يجب وضع الكمرات أثناء صبها على لوح أو طبليه مستويه وأفقيه تماماً .

شكل القالب	أبعاد قالب الإختبار (سم)	معامل التصحيح
مكعب	10×10×10	0.97
مكعب	15×15×15 أو (15.8×15.8×15.8)	1.00
مكعب	20×20×20	1.05
مكعب	30×30×30	1.12
اسطوانة	20×10	1.20
اسطوانة	30×15	1.25
اسطوانة	50×25	1.30
منشور	30×15×15 أو (31.6×15.8×15.8)	1.25
منشور	45×15×15 أو (47.4×15.8×15.8)	1.30
منشور	60×15×15	1.32

## 10-3 طريقة تحضير أسطوانات الإختبار من الخرسانه الطازجه وتحديد مقاومة الضغط للإسطوانه

### Preparation of Concrete Test Cylinder and Determination of Cylinder Compressive Strength

أولاً : تحضير وصب الإسطوانات :

- تستخدم إسطوانات قطرها 150 مم وإرتفاعها 300 مم أو إسطوانات قطرها 100 مم وإرتفاعها 200 مم سواء لتحديد مقاومة الضغط أو مقاومة شد الإنفصال ولايزيد المقاس الإعتبارى الأكبر عن 20 مم أو 40 مم فى حالة إسطوانه قطرها 100 مم أو 150 مم على الترتيب .

- يجب أن تكون الإسطوانة مصنوعة من قالب قياسى معدنى سواء فى الأبعاد أو الصلاده أو رأسيه محور الإسطوانه 0 .

- تصبب الإسطوانه بنفس طريقه صب المكعب على أن يتم صب الخرسانه على طبقات سمك كل طبقه 50 مم مع دمك كل طبقه بقضيب الدمك القياسى بعدد لايقل عن 20 دمكه أو 30 دمكه فى حالة الإسطوانه ذات القطر 100 مم أو 150 مم على الترتيب بحيث لا يحدث نزيف فى حالة الخرسانه عاليه التشغيليه .

ثانياً : تجهيز سطح الإسطوانه العلوى لمقاومة الضغط .

1 - أثناء صب الإسطوانه :

- يتم ملأ الإسطوانه مع ترك مسافه من 3 مم الى 6 مم وبعد فتره صغيره يتم تخشين السطح

- يتم تجهيز مونه أسمنتية ورمل ناعم غنية (بنسبة 1 : 2 ) 0

- تملأ مكعبات مساحة سطحها 5000 مم<sup>2</sup> بالمونه الأسمنتية .

- يزال الماء الزائد على سطح الإسطوانه بأسفنجه .

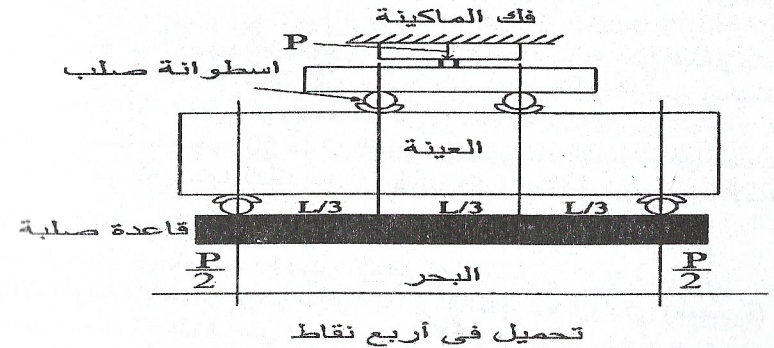
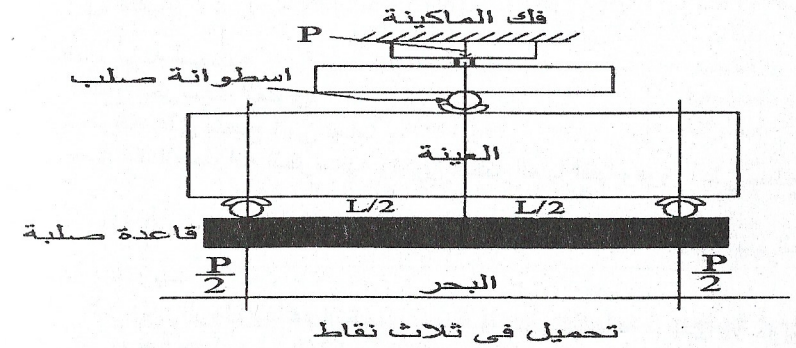
- توضع المونه وتملأ الإسطوانه بحيث يكون سطحه محدب فى منتصف الإسطوانه .

- يتم دهان لوح من الزجاج بزيت ويوضع اللوح أعلى الإسطوانه ويضغط عليه مع تعريضه للدوران بحيث يتم تنعيم السطح .

- عند إختبار الإسطوانه يجب إختبار مكعبات مونه الأسمنت فى الضغط والتأكد أن مقاومة المونه أكبر من مقاومة الخرسانه المتوقعه .



- عند عمر معين يختبر منشور الخرسانة إما بالتحميل في الإنحناء في ثلاث نقاط أو تحميل في أربع نقاط، كما هو مبين بشكل (2-10).



شكل الانهيار

شكل (2-10) اختبار الانحناء (معايير الكسر) وشكل الانهيار  
- وكما هو واضح من شكل (2-10) فإن الانهيار يحدث بالتشريح في قاع الكمرات نتيجة إجهادات الشد.

## 5-10 اختبار مقاومة شد الانفلاق للخرسانة ( شد الانفصال ) :

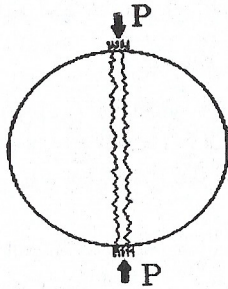
• نظراً لصعوبة إجراء اختبار الشد المباشر نظراً لوجود إجهادات ضغط مركزة بين كلابات التثبيت وعينة الاختبار، وكذلك احتمال عدم مركزية حمل الشد، فإنه يتم اللجوء إلى طرق غير مباشرة لقياس مقاومة الشد.

• خطوات الاختبار:

1. تصب الخرسانة المراد تعيين مقاومة الشد لها في اسطوانات (300\*150 مم) ، وتعالج بنفس طريقة اختبار الضغط.
2. توضع العينات عند اختبارها بين رأسى ماكينة الاختبار بين شريحتين من الخشب الأبلكاچ أو المطاط بعرض 2 سم بحيث يتوزع الحمل على رأسها
3. يتم التحميل على العينة تدريجياً حتى الكسر، ويُعين حمل الكسر.

$$\text{مقاومة شد الانفلاق} = \frac{\text{2 حمل الكسر}}{\text{ط} \times \text{القطر} \times \text{الطول}}$$

• شكل (3-10) يوضح شكل الانهيار في اختبار شد الانفلاق، حيث تنقسم الاسطوانة إلى نصفين بكامل طولها نتيجة إجهادات الشد.



وشكل (3-10) شكل الانهيار في اختبار شد الانفلاق

## 6-10 اختبار القلب الخرساني:

يستخدم هذا الاختبار لتعيين مقاومة الضغط للخرسانة بصورة حقيقية . ويتم بواسطة اختبار عينة منتزعة من قلب الخرسانة من بعض الأعضاء الإنشائية الأساسية (الأعمدة- الكمرات- البلاطات- الأساسات). وهو اختبار نصف متلف.

• الأجهزة:

تستخدم أجهزة بها اسطوانات ثقب من الماس. والجهاز عبارة عن مثقاب مزود باسطوانة لها رأس ماسى يدور بسرعة عالية بالكهرباء أو الديزل ليستخرج عينات خرسانية اسطوانية. وشكل (4-10) يوضح أحد الأجهزة وتصحبه اسطوانات قطع بأقطار مختلفة وكذلك أحد عينات الخرسانة المستخرجة.



### 1- الطريقة الأولى :

وتستخدم هذه الطريقة للعينات الرطبة التي غمرت بالماء. وتتلخص هذه الطريقة فيما يلي:

- المونة المستخدمة: الأسمنت ذو النعومة العالية أو رتبة 52 مع الرمل القياسي (يمر من منخل 0.3 مم)، بنسبة 2: 1.
- تصب هذه المونة عن طريق وضع حلقة حول العينة مستوية وأفقية، ثم تصب المونة ويسوى سطحها ويوضع فوقها لوح مسطح من الحديد بعد دهانه بالزيت. وفي اليوم الثاني تكرر العملية للطرف الآخر.

### 2- الطريقة الثانية:

وتستخدم هذه الطريقة للعينات الجافة وفيما يلي سيتم توضيح خطوات هذه الطريقة:

1. يتم وزن جزئين متساويين من الكبريت والرمل السليسي الناعم (يمر من منخل 0.3 مم ويحجز على منخل 0.15 مم)، هذا بالإضافة إلى 1: 2 % من الكربون الأسود.
  2. يسخن الخليط لدرجة حرارة 130-150 درجة مئوية، ثم تترك لتبرد ببطء مع التقليب المستمر. ويصب الخليط على مستوى أفقى من الصلب الأملس المدهون سطحه بزييت البارافين.
  3. توضع العينة فوق المونة رأسياً تماماً. وبعد عدة ثواني يزال الجزء الزائد حول العينة ومن ثم ترفع العينة. وتكرر العملية بسرعة للطرف الأخرى بفضل استخدام جهاز التسوية.
- إجراء الاختبار:
  - يجرى اختبار الضغط لعينة القلب الخرساني بعد يومين على الأقل من إعدادها وغمرها في الماء. ولا تختبر العينات التي بها شروخ أو عيوب. وتختبر العينات وهي في حالة رطبة. ويجب الأخذ في الاعتبار الاحتياطات الآتية:
  - 1- تنظيف مكان العينة بالماكينة وأسطح العينة من أي أتربة أو عوالق.
  - 2- وضع العينة بحيث ينطبق محورها مع محور الماكينة.
  - 3- يوضع الحمل على العينة بمعدل تحميل قياسي ويستمر حتى حدوث الكسر.
  - 4- يتم عمل وصف لحالة الانهيار.
  - تحليل النتائج:

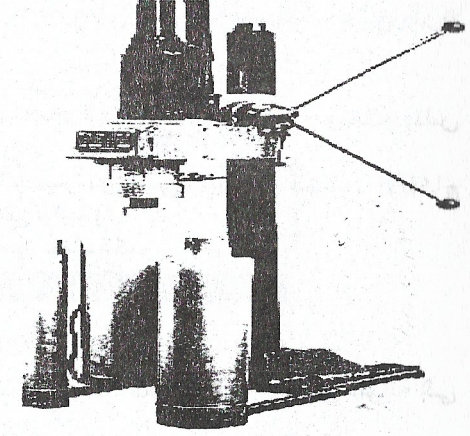
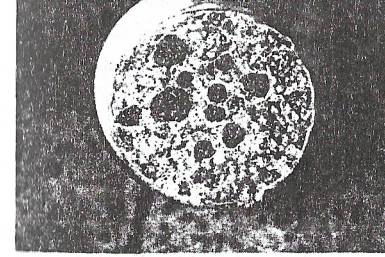
$$\text{مقاومة ضغط العينة} = \frac{\text{حمل الضغط}}{\text{مساحة مقطع العينة المتوسطة}}$$

ويلاحظ أن وجود التسليح بالعينة يؤثر على نتائج الاختبار. وبالنسبة للعينات الخالية من حديد التسليح يتم حساب المقاومة المقدرة لنتائج مكعبات الموقع طبقاً لما جاء بالموصفات القياسية المصرية كما يلي:

$$\text{المقاومة المقدرة لنتائج مكعبات الموقع} = \frac{d}{1.5} \times \text{مقاومة الضغط للعينة}$$

حيث:  $d = 2.5$  لعينات القلب الخرساني التي تقطع أفقياً (عمودياً على اتجاه الصب).

$d = 2.3$  لعينات القلب الخرساني التي تقطع رأسياً (العناصر التي يكون فيها الارتفاع موازياً لاتجاه الصب).



شكل (4-10) أحد أجهزة استخراج القلب الخرساني وعينة قلب

- **حجم العينة:**
- يعتبر قطر العينة (150 مم) هو القطر القياسي إذا كانت الخرسانة من القوة بحيث لا تتأثر بالكسر أثناء انتزاع العينة من الخرسانة، وقطر 100 مم يمكن استخدامه وطول العينة لا يقل عن 95% من قطرها.
- **استخراج العينة:**
- يجب أن تستخرج العينة عمودية على السطح الموجودة فيه، ويدون رقم العينة ومكانها واتجاه أخذها مباشرة.
- **فحص العينة:**
- تفحص العينات كالتالي:
- أ- وصف الركام بالعينة (الحجم- النوع- حالة السطح- الشكل).
- ب- توزيع مكونات الخرسانة (تركيز الركام بالنسبة للمونة).
- ج- درجة دمك الخرسانة وحجم الفراغات والتعشيش وأماكن وجودها واتجاهها وتحديد أسبابها.

### • قياس العينة:

- 1- القطر المتوسط: يؤخذ عبارة عن متوسط لعدد 6 قراءات، كل قراءتان عند مستوى واحد ومتعامدان، وإحدى القراءتان في المنتصف وواحدة عند 0.25 من الارتفاع من الناحيتين.
- 2- الطول: يقاس أكبر وأقل طول للعينة بعد استخراجها، ويقاس الطول بعد وضع الغطاء (Cap) على نهايتي العينة إلى أقرب 5 مم.
- 3- التسليح: يقاس موضع أي صلب تسليح من منتصف السطح حتى نهاية العينة حتى أقرب 2 مم، ويحدد قطر صلب التسليح.
- تجهيز السطح (نهايتي القلب):
- يتم تجهيز السطح حتى يكون مستوياً تماماً وأفقي لاستخدامه في ماكينة الاختبار. يتم ذلك بأي من الطريقتين الآتيتين:



ل = نسبة الطول بعد تجهيز نهايتى العينة إلى القطر.

وبالنسبة للعينات التى تحتوى على حديد تسليح عمودى على محور القلب الخرسانى، يتم حساب المقاومة المقدرة لنتائج مكعبات الموقع بضرب المقاومة المحسوبة من المعادلة السابقة فى معامل تصحيح يتم حسابه على أساس عدد الأسياخ الموجودة بالعينة وقطرها والمسافة بين الأسياخ والنهائية القريبة للعينة كما يلى:

○ بالنسبة للعينات التى تحتوى على، سيخ واحد.

$$\text{معامل التصحيح} = 1 + \frac{1.5 \times \text{ق ح س}}{\text{ق ع} \times \text{ع}}$$

○ والعينات التى تحتوى على سيخين لا تزيد المسافة بينهما عن قطر السيخ الأكبر، يؤخذ فى الاعتبار أكبر قيمة ق ح \* س لأيهما.

○ أما إذا زادت المسافة بين السيخين عن قطر أكبرهما فيحسب معامل التصحيح كما يلى:

$$\text{معامل التصحيح} = 1 + 1.5 \times \frac{\text{ق ح س}}{\text{ق ع} \times \text{ع}}$$

حيث: ق ح قطر سيخ الحديد.

ق ع قطر عينة القلب الخرسانى.

س المسافة بين محور سيخ الحديد والنهائية القريبة.

ع ارتفاع عينة القلب الخرسانى بعد معالجة نهايتها.

Σ = مجموع .

• القبول:

- أولاً يتم إختبار ثلاث عينات للخرسانة المراد إختبارها.
- تعتبر العينة مقبولة إذا كانت مقاومة الضغط لا تقل عن 75% من المقاومة المميزة المطلوبة.
- لا تقل المقاومة الدنيا للعينات عن 65% من المقاومة المميزة المطلوبة .
- إذا لم يتحقق ذلك يجرى اختبار تحميل.

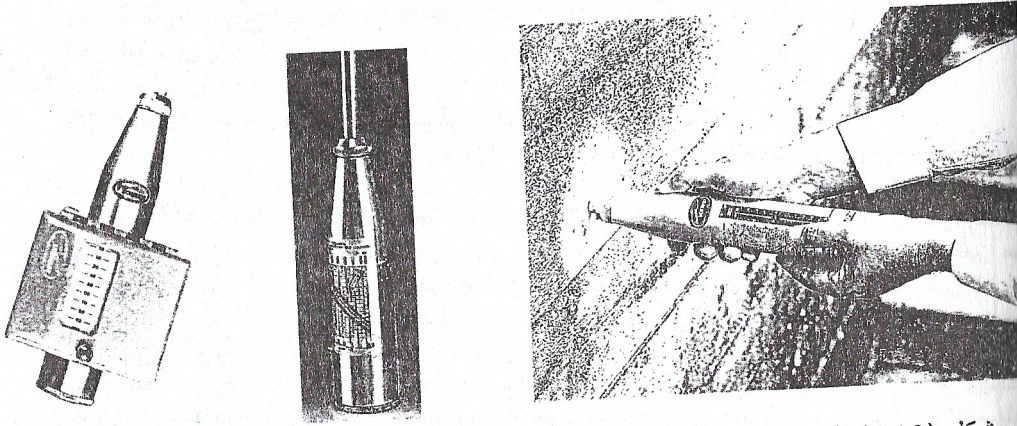
## 7-10 مطرقة الارتداد Shmidt Hammer

وتستخدم ذلك الاختبار لتعيين قيم تقريبية لمقاومة الخرسانة عن طريق رقم ارتداد كتلة مرية ذات وزن قياسي تصدم السطح الخرسانى عمودياً عليه بطاقه ابتدائية محدده حيث يعتمد ذلك الرقم على صلادة ومقاومة السطح الذى تصدمه. وتتميز تلك المطرقة بمميزات عديدة أهمها سهولة حملها وسهولة استخدامها وتعطى نتائج سريعة يمكن الاعتماد عليها فى تعيين مقاومة الخرسانة المتصلة إذا توافرت منحنيات المعايرة المناسبة لتحويل رقم الارتداد الى مقاومة ضغط . ويستخدم هذا الإختبار كإختبار ضبط جوده للتحقق من تقارب مقاومات الأعضاء المختلفه للمنشأ . ولا يستخدم هذا الإختبار كإختبار قبول أو رفض للمنشأ ولا يغنى عن نتائج إختبار العينات فى الضغط والمأخوذه عند الصب ولا يغنى عن استخدام إختبار قلب الخرسانة وإنما يعتبر إختبار مساعد بجانب إختبار الضغط أو إختبار قلب الخرسانة أو معهما لأن عدد العينات يكون محدود .

ويمكن تلخيص الطريقة الصحيحة لاستخدام الجهاز فيما يلى:

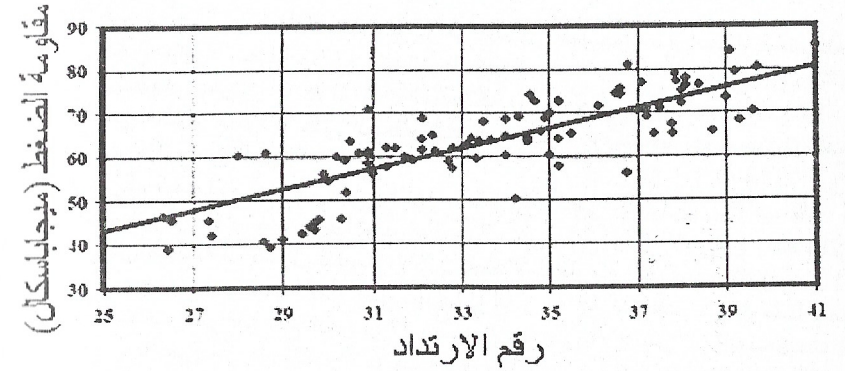
1. ينظف سطح الخرسانة المراد إختبارها بالحجر الموجود مع الجهاز ويتم تنظيف السطح وإزالة المواد الضعيفه وبقايا الشدات الخشبية .
2. يُفتح الجهاز بحيث تخرج الرأس المتحركة من الجهاز.
3. يوضع الجهاز عمودياً على السطح المراد إختباره، ويضغط عليه حتى يسمع صوت الصدم الناتج من الجهاز.
4. يُقرأ رقم قيمة الارتداد من على التدرج الموجود على الجهاز.

ولا يُعتمد على قراءة واحدة فقط لتعيين مقاومة الخرسانة، لذلك لابد من إعادة الإختبار عدة مرات فى أماكن مختلفة للوصول للقيمة الأكثر احتمالاً لمقاومة الخرسانة ( تؤخذ 12 قراءة على الأقل عند كل عنصر) . ويجب عمل التصحيحات اللازمة إذا استخدم فى أوضاع مائلة، وذلك باستخدام المنحنيات المرفقة مع الجهاز. ويجب الأخذ فى الاعتبار أن المنحنيات المرفقة مع الجهاز تم عملها عن طريق نتائج تجريبية لخرسانات تم إختبارها فى البلد المصنوع فيها الجهاز. لذلك لابد من عمل معايرة لها على الخرسانات المستخدمة فى الموقع، وذلك بالاستعانة بنتائج المكعبات أثناء المشروع، حيث يفضل قبل كسر المكعبات أن يتم وضعها فى ماكينة الإختبار والتأثير بحمل ابتدائى عليها ثم باستخدام مطرقة الارتداد يعين رقم الارتداد. وعن طريق استخدام نتائج مكعبات الموقع ورقم الارتداد المناظر يمكن رسم علاقة أقرب ما يكون للصحى تربط بين رقم الارتداد ومقاومة الخرسانة ويمكن التحقق من كفاءة الجهاز بإستخدام سندان المعايرة الموجود لدى المورد أو مكاتب المعايرة للأجهزة.



شكل (10-5) الجهاز وطريقة استخدامه والعلاقة بين رقم الارتداد ومقاومة الضغط لأحد الأجهزة.





شكل (5-10) أمثلة لجهاز مطرقة الارتداد وحساب المقاومة من رقم الارتداد

#### 8-10 اختبار النزع:

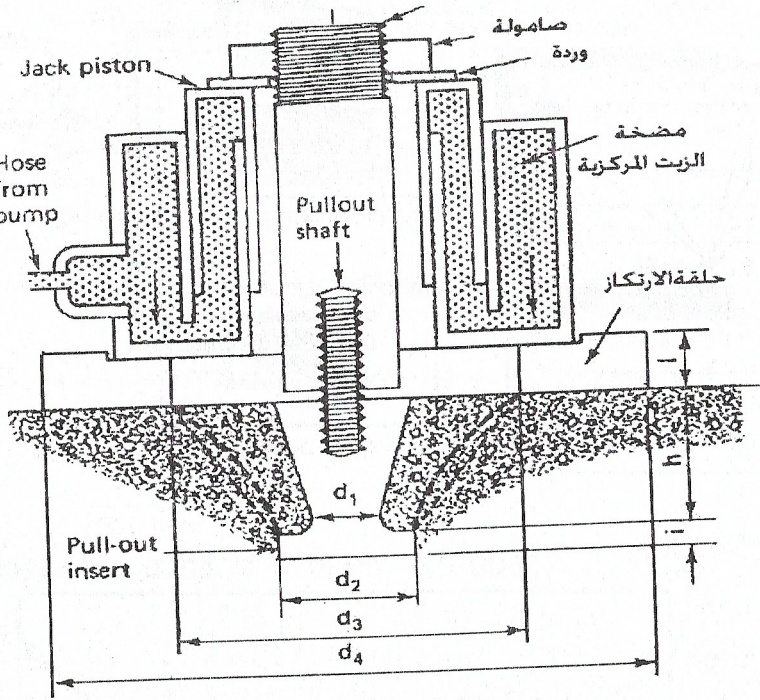
وشكل (6-10) يوضح طريقة إجراء الاختبار ومثال لمنحنى لأحد الأجهزة لتحديد مقاومة ضغط الخرسانة باستخدام هذا الاختبار. ويتم وضع المسامير في الشدات ويتم الصب عليها بعد عمر معين يتم نزع المسامير. ونحدد قوة النزع وباستخدام منحنى المعايرة نحصل على مقاومة الضغط.

#### 9-10 اختبار سرعة قياس النبضات فوق الصوتية في الخرسانة

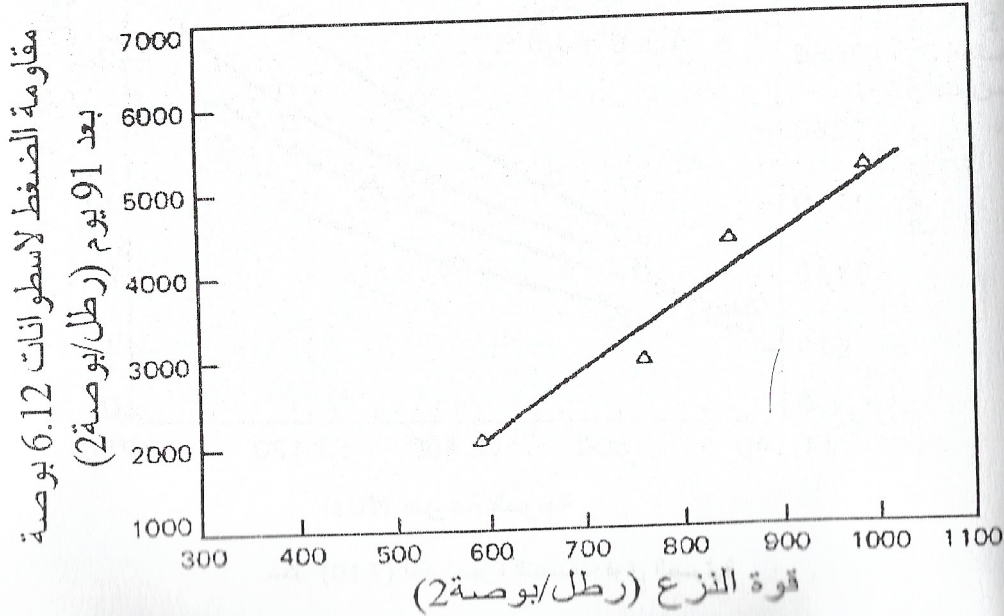
##### Measurement of ultrasonic Pulse velocity in concrete

تستخدم هذه التجربة لقياس سرعة انتقال النبضات فوق الصوتية في الخرسانة (والتي يحددها جهاز لإصدار نبضات فوق صوتية وقياس سرعة هذه النبضات بعد انتقالها عبر سمك معين من الخرسانة وتحديد زمن انتقال هذه النبضات فتكون السرعة مساوية للمسافة مقسومة على الزمن). وفكرة هذا الجهاز هي أنه كلما كانت الخرسانة كثيفة ومقاومتها عالية تزيد سرعة النبضات ولذلك يمكن حساب مقاومة الخرسانة مباشرة من قوانين تكون مصاحبة للجهاز ويمكن كذلك تحديد معايير مرونة الخرسانة ونسبة بواسون باستخدام القوانين الموجودة مع الجهاز ويجب عمل التصحيحات اللازمة نتيجة وجود صلب التسليح. ويمكن الرجوع لمراجع تفصيلية للإطلاع على تفاصيل الإختبار والقوانين المستخدمة 0 ويستخدم هذا الاختبار كإختبار بسيط جوده للمقارنة بين نتائج الأعضاء الخرسانية ولايستخدم كإختبار رفض أو قبول للمشاريع الخرسانية ويمكن استعماله مع قدر من التقريب للتأكد من وجود فجوات بداخل الخرسانة أو شروخ سطحية.

وشكل (7-10) يوضح صورة أحد الأجهزة المستخدمة في هذه التجربة ومنحنى يربط بين سرعة النبضات ومقاومة ضغط الخرسانة.



اختبار النزع



شكل (6-10) اختبار النزع



## 10-10 تجربة تحميل العناصر والمنشآت الخرسانية

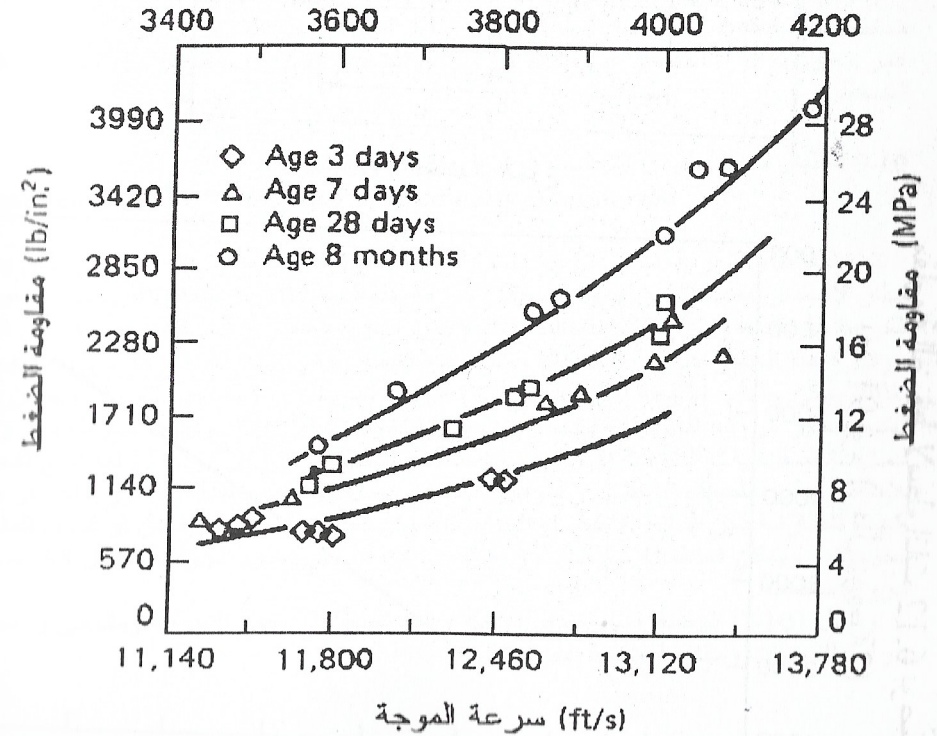
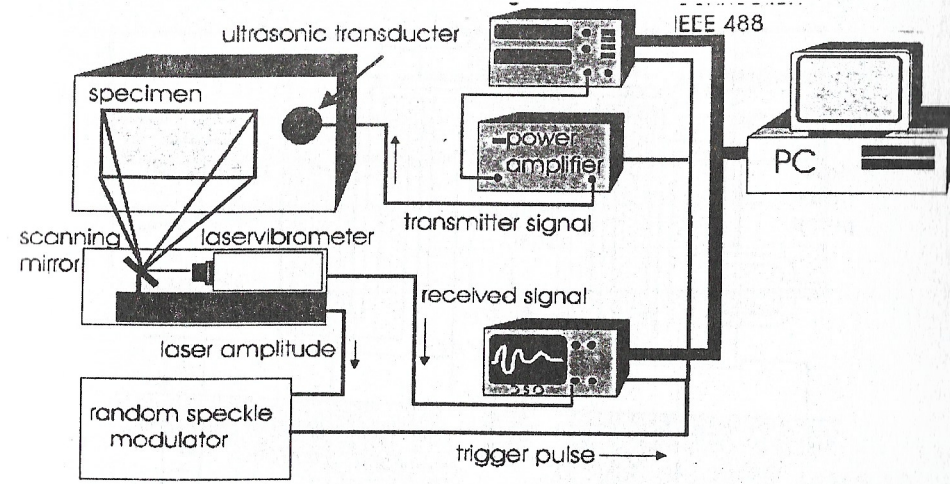
- يجرى هذا الاختبار على أعضاء الإنحناء اذا فشلت اختبارات مقاومة الضغط واختبار قلب الخرسانة وقد يطلبها المهندس الاستشاري أو المالك للتحقق من جودة المنشأ ومطابقته للتصميم
- تجهز أوزان مثل اكياس الرمل أو الأسمنت بحيث يكون الوزن الواقع على المتر المربع = 0.85 ( 1.6 الأحمال الحية + 1.4 أحمال التغطية + 0.4 الحمل المكافئ لوزن العضو )
- يتم صلب المنشأ جيداً بحيث يمنع الإنهيار انظر شكل (8-10) ويتم تركيب مقاييس الهبوط وأخذ قراءتها .
- يتم التأثير بالحمل الكلى على أربعة تحميلات متساوية ويتم قراءة الهبوط بعد التحميل وحتى تثبتت القراءه ويجب رصد الأحمال بحيث نترك فواصل بينها لمنع التأثير العكسي .
- تؤخذ قراءات الهبوط (سهم الإنحناء) بعد مرور 24 ساعة وكذلك سمك الشروخ .
- يتم رفع الحمل كاملاً وبعد رفع الحمل بـ 24 ساعه يتم قياس سهم الإنحناء وعرض الشروخ .
- الحكم على نجاح التجربة :
- (1) يتم حساب الهبوط المسموح به النظرى  $\Delta_{max}$  .

$$\Delta_{max} \leq \frac{L^2}{2000 \cdot t} \text{ mm}$$

- حيث L بحر الكمره أو البحر الأصغر للبلاطة بالمم وتساوى ضعف بحر الكابولي الخالص .
- t = سمك العنصر مقاساً بالمليمتر .
- يقارن الهبوط الأقصى المحدد من التجربة والذي يجب ألا يزيد عن  $\Delta_{max}$
- في حالة ما اذا زاد سهم الإنحناء عن  $\Delta_{max}$  يجب ألا يقل الجزء المسترجع من الهبوط عن 75% من سهم الإنحناء المحقق من التجربة شكل (8-10) وفي تلك الحالة تكون التجربة ناجحه بشرط أن يكون سمك الشروخ مسموح به .

- 2 - في حالة فشل الشروط السابقة يتم إعادة التجربة بنفس الخطوات السابقة بعد مرور 72 ساعه من رفع الحمل ويعتبر المنشأ أو العنصر غير مقبول اذا فشل العضو فى استعادة 75 % من سهم الإنحناء الذى حدث فى تجربته الثانية أو أن يكون سمك الشروخ أكبر من المسموح به

وشكل (8-10) يوضح كيفية إجراء التجربة ورسم العلاقة بين الحمل والترخيم.



شكل (7-10) أحد أجهزة النبضات فوق الصوتية



### 11-10 فكرة اختبارات أخرى ذات طبيعة بحثية

## 1- Optical microscopy

الميكروسكوبات الضوئية حيث يتم تصوير الخرسانات عن طريق تسليط الضوء عليها بواسطة عدسات خاصه وتتوقف دقة العمل على نقاء موجات الضوء وجودة العدسات التي تحدد درجة التكبير ومنها :

### 1-1 – Infra red spectroscopy (electron microscopy)

وفية يتم استخدام الإلكترون الموجه لعمل الصور اللازمة وهذه الطريقة تعطي درجة كبيرة من التكبير والوضوح وتستخدم لفحص المادة ومنها عدة أنواع .

**1-1-1- (SEM) = Scanning electron microscopy.**

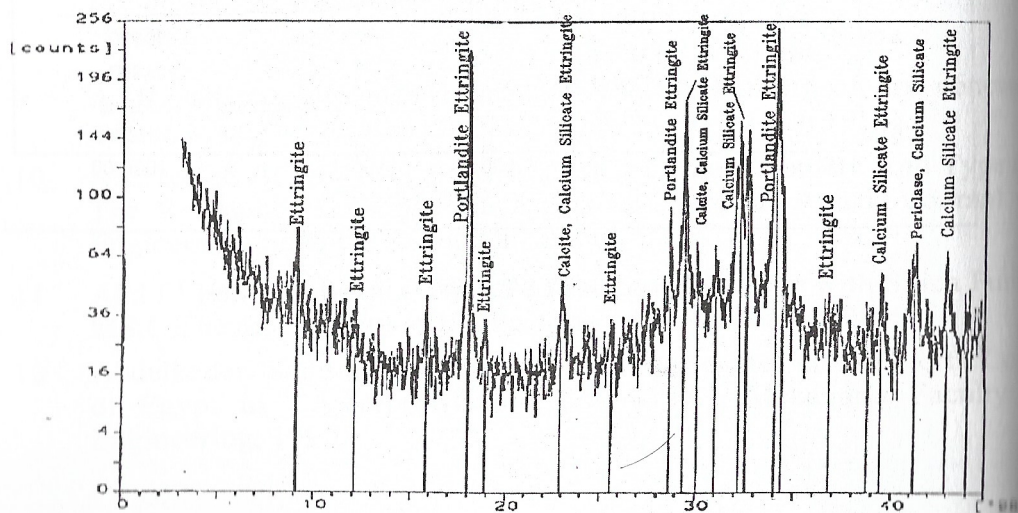
وهو قد يعمل بالإلكترون الموجه بالكهرباء electro static أوالموجه بالكهربيه المغنطيسيه electro magnetic (فيض) وفيه يتم أخذ عينة صلبة وتصويرها ، وفي بعض الأجهزة يستخدم من هذا التصوير كذلك للتعرف على التكوين الكيميائى للمادة المختبره بمركباتها ويطلق عليه فى هذه الحاله : X-ray florescence .

### 1-1-2 – (TEM) Transition electron microscope

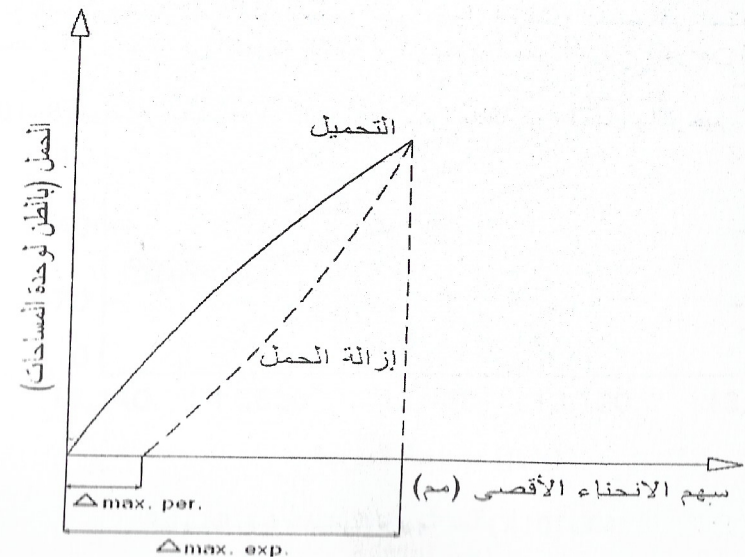
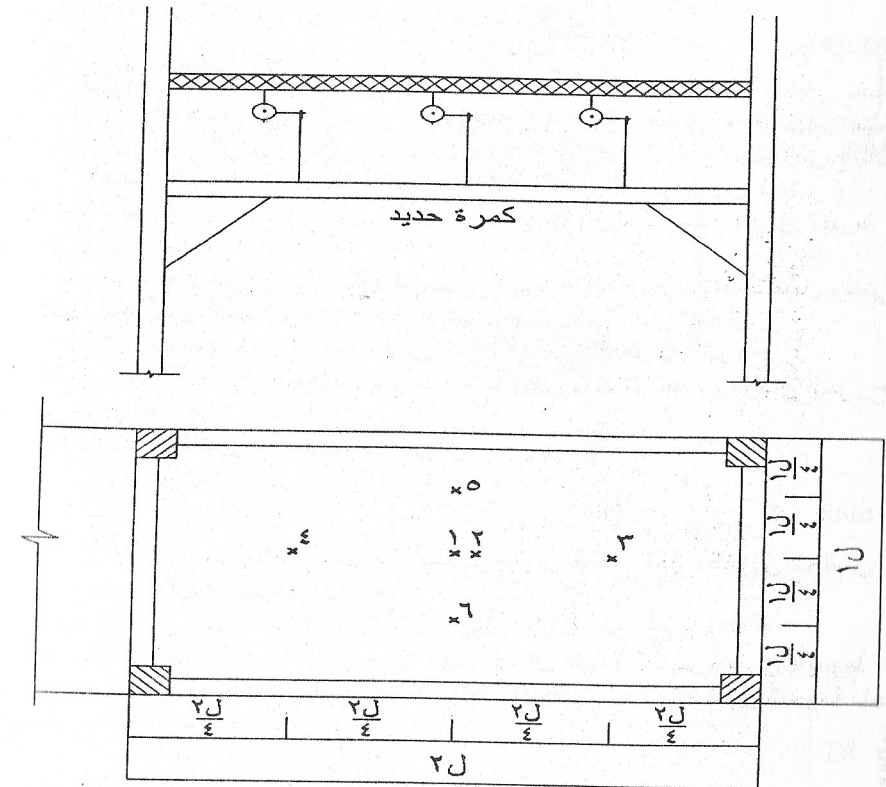
وهذا يحتاج لتجهيز العينه من الخرسانه بسمك صغير جداً لذلك فهو غير شائع الإستخدام

## 2- X- ray diffraction

جهاز يستخدم أشعة (X-Ray) لى يظهر وجود المركبات المتبلره الداخليه فى التكوين البنائى للماده المختبره أما المركبات الغير متبلره الموجود فى الماده cellular أو ذات التركيب الزجاجى فإنها تظهر على هيئة تموجات ضعيفه ولكل عنصر من العناصر زاويه أنعكاس  $\theta$  يسجلها الجهاز ويمكن الحكم على المركبات بالمقارنه بين قيمة الإنعكاسات . و شكل رقم (10-9) يبين نتيجه الإختبار على عينة عجينة أسمنيه عند عمر 28 يوم.



شكل (9-10) نتيجة اختبار X-ray diffraction على عينة أسمنتية



شكل (8-10) كيفية إجراء اختبار التحميل



### 3- (TGA) Thermo gravimetric analysis

وهذا الإختبار يمكننا من قياس درجة الإماهة للأسمنت وكذلك محتوى هيدروكسيد الكالسيوم في الأسمنت المماه . ويتم حساب هذه القيم كداله فى الفاقد فى وزن العينه بعد التحليل الحرارى . وبفضل استخدام العجينة الأسمنتية فى الإختبار عن المونه أو الخرسانه حتى لا يؤثر محتوى الركام فى العينه على فاقد الوزن .

$$\alpha t = \frac{Wn(t)}{Mc.Wn}$$

حيث :  $Wn(t)$  فاقد الكتله بين درجتى حراره 145 (درجه فقد الماء الغير مماء ) ، 1000

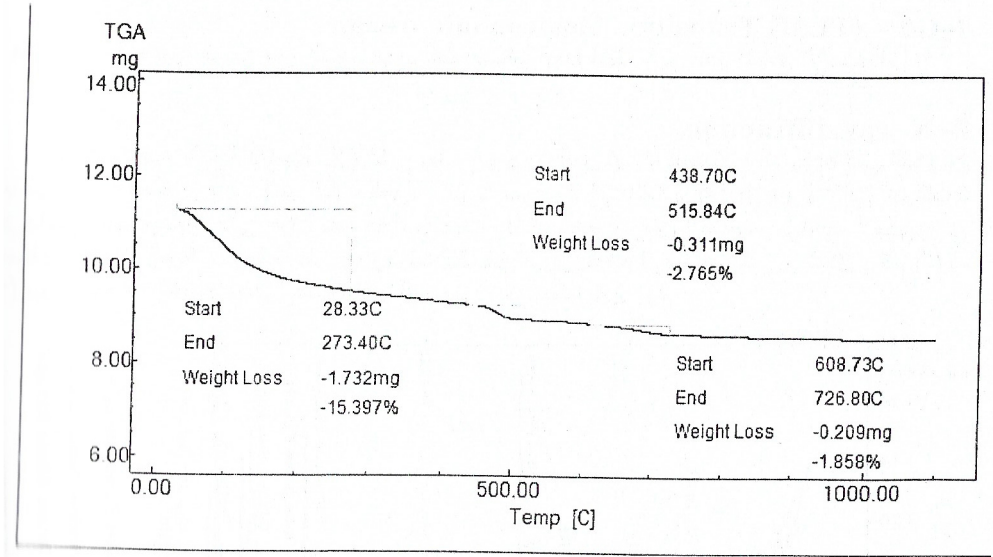
درجة مئوية( تحلل مركبات الأسمنت )

و  $Wn$  نسبة الماء المستخدم فى الإماهة بالنسبه للأسمنت والذى لا يفقد بالتبخير =

0.23 للأسمنت البورتلاندى العادى .

و  $Mc$  وزن عينة الأسمنت بالحجم الذى إستخدمت فى التجربه.

و الشكل (10-10) يبين نتيجة الإختبار على عينة عجينة أسمنتية عند عمر 28 يوم.



شكل (10-10) نتيجة إختبار TGA على عجينة أسمنتية